

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**QUALIDADE DA IRRIGAÇÃO NO PROJETO PONTO NOVO
NO SEMI-ÁRIDO BAIANO**

JORGE LUIS COPQUER DOS SANTOS JUNIOR

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

ABRIL - 2007

QUALIDADE DA IRRIGAÇÃO NO PROJETO PONTO NOVO NO SEMI-ÁRIDO BAIANO

JORGE LUIS COPQUER DOS SANTOS JÚNIOR

Engenheiro Agrônomo
Universidade Federal da Bahia, 2005

Dissertação submetida à Câmara de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Agrárias, Área de Concentração: Engenharia e Manejo da Irrigação.

Orientador: Prof. Dr. Aureo Silva de Oliveira

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2007

FICHA CATALOGRÁFICA

S237 Santos Júnior, Jorge Luis Copquer
Qualidade da irrigação dos sistemas no projeto Ponto Novo
no Semi-árido da Bahia / Jorge Luis Copquer dos Santos Júnior
– Cruz das Almas, BA, 2007.
45f. : il., tab., graf.

Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Agrárias,
Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo
da Bahia.

1. Irrigação – Bahia – Semi - Árido. I. Universidade Federal
do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias,
Ambientais e Biológicas. II. Título.

CDD 20.ed. 631.587

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Aureo Silva de Oliveira
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas - UFRB
(Orientador)

Prof. Dr. Eugênio Ferreira Coelho
EMBRAPA - Mandioca e Fruticultura Tropical

Dra. Roberta Alessandra Bruschi Gonçalves Gloaguen
Bolsista PDJ / CNPq

Dissertação homologada pelo Colegiado de Curso de Mestrado em Ciências Agrárias em

Conferindo o Grau de Mestre em Ciências Agrárias em

DEDICATÓRIA

Aos meus pais

Jorge Luiz Copquer dos Santos e Denise Weber dos Santos
Por terem me dado a bênção da vida, educação e amor

A minha esposa amada

Luciana da Silva Costa Copquer
Presente em todos os momentos, uma coluna em minha vida.
Te amo amor.

As minhas irmãs

Daiane Quele e Diane Michele Weber dos Santos
Pelo carinho e amizade

A minha Avó

Maria de Lourdes Copquer
Pelo amor e apoio permanente

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida, pelo Seu amor incondicional que me fortalece todos o dias;

A Jesus, o mestre dos mestres, pelos ensinamentos que me ajudaram em todos os momentos da vida;

Ao Curso de Pós Graduação em Ciências Agrárias pela formação teórica;

À Fundação de Amparo a pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), pela concessão de bolsa estudos e pelo suporte financeiro à pesquisa;

Ao Prof. Dr. Aureo Silva de Oliveira, pelos ensinamentos oferecidos, pela orientação, amizade e incentivo;

Ao amigo e companheiro de curso Lucas Melo Vellame, pela convivência fraterna desde a graduação;

Aos Profs. Drs. Vital Pedro da Silva Paz e Francisco Adriano Pereira, pelo apoio, amizade e ensinamentos durante o curso;

Ao Pesquisador Dr. Eugênio Ferreira Coelho pelas aulas enriquecedoras e pelas sugestões e correções do texto;

A Dra. Roberta Alessandra Bruschi pelas sugestões e correções do texto.

Ao Eng^o Agrônomo da Ducampo Agropecuária e Irrigação, Rafael Dias Silva, pela amizade e ajuda indispensável nos teste e realização do trabalho;

Ao Produtor Rural do PIPN Osmar Lopes da Silva e ao Otoniel Lopes , pela confiança, amizade e por permitir a realização do trabalho em sua propriedade;

Aos funcionários do Perímetro Irrigado de Ponto Novo Adilson, José Fernandes, Luciano e Kiko pela colaboração na realização deste trabalho;

Aos Irrigantes do PIPN pela colaboração e hospitalidade;

À colega, MSc. Flávia Janaína pela amizade e pela ajuda nos testes;

Às colegas, MSc. Djaneide, Eng^a Valéria Borges, pela amizade e companheirismo durante o curso;

À Dr^a Ana Lúcia Borges pelos preciosos ensinamentos durante a Iniciação Científica;

Enfim, aos meus amigos, familiares e a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão deste trabalho.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO.....	01
Capítulo 1	
DESEMPENHO DE SISTEMAS PRESSURIZADOS DE IRRIGAÇÃO NO PROJETO PONTO NOVO, BAHIA.....	05
Capítulo 2	
EFICIÊNCIA DE APLICAÇÃO DE ÁGUA EM LOTES DE AGRICULTURA FAMILIAR DO PROJETO PONTO NOVO, BAHIA.....	25
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45

QUALIDADE DA IRRIGAÇÃO NO PROJETO PONTO NOVO, SEMI-ÁRIDO DA BAHIA

Autor: Jorge Luis Copquer dos Santos Júnior

Orientador: Aureo Silva de Oliveira, PhD

RESUMO: A sustentabilidade da agricultura irrigada requer avaliações periódicas do consumo hídrico, através de indicadores de desempenho de sistemas de irrigação. Este trabalho teve o objetivo de avaliar qualidade da irrigação com base em indicadores de performance (uniformidade, eficiência) nas condições atuais de manejo e operação do sistema de irrigação adotados no Projeto Ponto Novo (10° S, 39° W, 400 m), distante 350 km a noroeste de Salvador. Em 15 lotes irrigados por aspersão convencional, avaliou-se a uniformidade de distribuição de água. Verificou-se que em apenas 30% dos mesmos, o CUC foi superior a 80%, valor considerado adequado. Por outro lado, valores aceitáveis de UD foram encontrados em 70% dos sistemas de irrigação localizada (microaspersão). Destes, 20% foram classificados como regular ($70\% < UD < 80\%$), 25% como bom ($80\% < UD < 90\%$) e 25% como excelente ($UD > 90\%$). Em geral, a uniformidade de distribuição de água nos lotes irrigados por microaspersão foi superior a verificada nos lotes irrigados por aspersão. Em sete (63,6% do total) avaliações nos sistemas de irrigação localizada, a lâmina aplicada foi menor que a necessária, caracterizando irrigações deficitárias e em quatro avaliações (36,4%) houve aplicação de água em excesso, caracterizando perdas por percolação. Em todas as avaliações efetuadas nos sistemas de irrigação por aspersão convencional, aplicou-se água em excesso, com valor médio de lâmina excedente de 20 mm. Em média a eficiência de aplicação da irrigação localizada foi superior a da irrigação por aspersão.

Palavras-chave: irrigação, uso eficiente da água, agricultura irrigada

QUALITY OF IRRIGATION IN THE PONTO NOVO IRRIGATION DISTRICT, SEMI-ARID OF BAHIA

Author: Jorge Luis Copquer dos Santos Júnior

Advisor: Aureo Silva de Oliveira, PhD

ABSTRACT: There is a consensus that if the use of water for irrigation is to be improved, then we must understand current levels of performance and identify measures for improvement. This work aimed at evaluating the quality of irrigation under current water management strategies in irrigated plots (5 ha maximum) of the Ponto Novo Irrigation District (10° S, 39° W, 400 m), semi-arid region of Bahia. In the first phase of the study, sprinkler (moving and solid set) and micro sprinkler systems were evaluated in 15 and 20 plots, respectively, for water distribution uniformity. From field data, the Christiansen's uniformity coefficient (CUC) and the distribution uniformity (UD) of the systems were obtained. In the second phase, the farmer's decision on when to irrigate was checked through determination of soil water depletion just before an irrigation event, in both sprinkler and micro sprinkler irrigated plots. Additionally, the application efficiency and adequacy of irrigation were evaluated over six irrigation event in a micro sprinkler irrigated banana field. The Christiansen's coefficient varied between 8.9% (UD 6.4%) to 85% (UD 77%), with 86.7% of the plots with a CUC lower than 70%, which reveals the sprinkler systems to operate under highly nonuniformity conditions. Among the micro sprinkler systems, in 50% of the plots, the UD was higher than 80%. Therefore, the performance of micro sprinkler systems was considerably much better than that shown by the sprinkler systems. Results from the second phase work, shown that in 63.6% of the plots with micro sprinkler systems, the irrigation depth applied were lower than target depth. For the remaining plots, it was observed that irrigation in excess was applied.

Key words: irrigation, water use efficiency, irrigated agriculture

INTRODUÇÃO

Atualmente, aproximadamente 230 milhões de pessoas sofrem escassez de água e estima-se que por volta de 2025, um quarto da população mundial experimentará severas restrições, com disponibilidade hídrica per capita bem abaixo do mínimo sugerido por organismos internacionais de saúde (Seckler, 1996).

A demanda hídrica para irrigação supera a soma de todas as demandas dos demais setores usuários da água, no contexto de uma bacia hidrográfica. Em termos globais, 70% dos recursos hídricos disponíveis são derivados para irrigação, em detrimento dos demais setores. Na medida em que estes se desenvolvem, a disponibilidade de água para irrigação tende a diminuir no futuro. Por outro lado, a importância da agricultura irrigada é inegável, tendo em vista que 36% da produção mundial de alimentos e fibras originam-se de apenas 15% de área irrigada em relação ao total agricultável. Sob esta perspectiva, se a água é importante para a agricultura de regiões úmidas e subúmidas, totalmente dependente da chuva, é criticamente importante para a agricultura de regiões semi-áridas, e explicitamente importante para a agricultura irrigada (Howell, 2001).

Segundo Costa (1991) embora seja uma técnica que visa ao aumento da produtividade das culturas, em especial em regiões áridas e semi-áridas, a irrigação apresenta grande impacto na disponibilidade hídrica dos mananciais de água, uma vez que grandes demandas de água são alocadas para os sistemas de irrigação, sobretudo em regiões onde verifica-se alta concentração de áreas irrigadas, principalmente em épocas de escassez de chuva. Além da alta demanda hídrica, a maioria dos projetos envolvendo recursos hídricos, em todo o mundo, não tem alcançado os níveis desejados de produtividade, isto se deve

basicamente, às dificuldades operacionais encontradas no campo, não levadas em consideração durante o planejamento (Carvalho, 1998).

A realidade da agricultura irrigada brasileira tem demonstrado que não é raro encontrar-se projetos de irrigação, públicos ou privados, sem o apropriado planejamento e que, depois de implantados, são conduzidos sem a preocupação com o manejo e operações adequadas, resultando em baixa eficiência e comprometendo a expectativa de aumento da produtividade (Ferreira, 1993).

Estima-se que em média 45% da água derivada da natureza para fins de irrigação não é efetivamente aproveitada pelas culturas, no atendimento de suas necessidades hídricas. Porém, nem toda a água perdida é efetivamente desperdiçada, levando à definição de usos benéficos e não-benéficos da água no contexto da agricultura irrigada bem como das definições de uso consultivo e não-consultivo da água (Burt et al., 1997).

Para que a água seja utilizada de forma eficiente na agricultura irrigada, os equipamentos devem ser avaliados periodicamente e cada irrigação deve ser realizada visando aplicar a quantidade de água demandada pela cultura, sendo necessário para isto um adequado dimensionamento e manejo dos sistemas de irrigação.

Segundo BURT et al. (1997) nenhum indicador isolado, qualquer que seja seu valor numérico, é capaz de por si só descrever a performance da irrigação, mas um número mínimo e razoável de termos, considerados conjuntamente, pode render informações úteis para tomada de decisão.

A qualidade da irrigação é avaliada através de indicadores de performance, que incluem indicadores de eficiência e de uniformidade, podendo também ser avaliada através de índices de produtividade da água que relacionam o rendimento das culturas e o valor econômico da produção por unidade de lâmina d'água aplicada e/ou consumida (MOLDEN, 1997; HOWELL, 2001; LORITE et al., 2004; BOS et al., 2005).

Segundo LORITE et al. (2004), os indicadores de performance são úteis, pois permitem avaliar práticas atuais e recomendar melhorias na eficiência da irrigação e produtividade da água, sendo utilizados para quantificar a habilidade do sistema em alcançar os objetivos estabelecidos bem como acessar a performance atual do sistema relativamente ao seu potencial.

A avaliação contínua e sistemática da qualidade da irrigação, no espaço e no tempo, no âmbito tanto da parcela irrigada quanto dos distritos com múltiplos usuários bem como da bacia hidrográfica é uma etapa importante no confronto entre as perdas de água na agricultura irrigada e a crescente demanda e competição pelo seu uso por outros setores.

O Perímetro Irrigado de Ponto Novo (PIPNO) está localizado no semi-árido baiano (10° S, 39° W, 400 m). A área do PIPNO compreende 2.536 ha irrigáveis de um total de 3.444 ha, sendo composto de 146 lotes para pequenos produtores (área média de 5 ha), 62 lotes para médios produtores (área média de 30 ha) e 1 lote, de 110 ha, destinado à produção de feno de alta qualidade, integrante do Programa Cabra Forte do Governo da Bahia.

Este trabalho teve o objetivo de avaliar a qualidade da irrigação com base em indicadores de performance (uniformidade, eficiência) nas condições atuais de manejo e operação dos sistemas de irrigação adotados no Perímetro Irrigado de Ponto Novo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOS, M. G.; BURTON, M. A., MOLDEN, D. J. **Irrigation and drainage performance assessment: practical guidelines**. Wallingford: CABI International, 2005. 158p.

BURT, C.M. et al. Irrigation performance measures: efficiency and uniformity. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 123, n. 6, p. 432-442, nov./dec. 1997.

CARVALHO, D.F. de. **Otimização do uso da água no perímetro irrigado do Gorutuba**. 1998. 145f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

COSTA, M.H. **Modelo de otimização dos recursos hídricos para irrigação, conforme a época de plantio**. 1991. 111f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1991.

FERREIRA, E.J. **Análise técnica e econômica do projeto de irrigação do Jaíba, MG**. 159f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

HOWELL, T.A. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, p. 281-289, 2001.

LORITE, I.J.; MATEOS, L.; FERERES, E. Evaluating irrigation performance in a Mediterranean environment: I. model and general assessment of an irrigation scheme. **Irrigation Science**, v. 23, p. 77-84, 2004.

MOLDEN, D. **Accounting for water use and productivity**. Colombo: International Irrigation Management Institute, 1997. 16 p. (SWIM paper, 1).

SECKLER, D. **The new era of water resources management**: from “dry” do “wet” water savings. Colombo: International Irrigation Management Institute, 1996. 16 p.(Research report, 1).

CAPÍTULO 1

DESEMPENHO DE SISTEMAS PRESSURIZADOS DE IRRIGAÇÃO NO PROJETO PONTO NOVO, BAHIA¹

¹Artigo ajustado para submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Irriga

DESEMPENHO DE SISTEMAS PRESSURIZADOS DE IRRIGAÇÃO NO PROJETO PONTO NOVO, BAHIA

RESUMO: A sustentabilidade da agricultura irrigada requer avaliações periódicas do consumo hídrico, através de indicadores de desempenho de sistemas de irrigação. Este trabalho teve o objetivo de avaliar o desempenho dos sistemas de irrigação por aspersão convencional e microaspersão, nas condições atuais de manejo. O Projeto de Irrigação Ponto Novo (10° S, 39° W, 400 m) está localizado no semi-árido baiano entre as cidades de Ponto Novo e Senhor do Bonfim, distante 350 km a noroeste de Salvador. Foram avaliados 15 sistemas por aspersão, identificando que em apenas 30% dos mesmos, o CUC foi superior a 80%, valor considerado adequado. Em 70% dos sistemas de irrigação localizada encontrou-se valores aceitáveis de UD, destes 20% apresentaram UD classificado como regular, 25% como bom e 25% como excelente. Em geral, a uniformidade de distribuição de água dos sistemas de irrigação localizada foi superior a da irrigação por aspersão.

Palavras-chave: uniformidade, aspersão, microaspersão.

PERFORMANCE OF PRESSURIZED IRRIGATION SYSTEMS IN THE PONTO NOVO IRRIGATION DISTRICT, STATE OF BAHIA

Abstract: The sustainability of irrigated agriculture requests periodic evaluations of the water consumption, through indicators of acting of irrigation systems. This work had the objective of evaluating the acting of the irrigation systems for conventional aspersion and micro sprinkler, in the current conditions of handling. The Ponto Novo Irrigation District is located in the semi-arid region of Bahia among the cities of Ponto Novo and Senhor do Bonfim and distant 350 km to northwest of Salvador, whose coordinates are: 10° S, 39° W, 400 m). They were appraised 15 systems for aspersion, identifying that in just 30% of the same ones, CUC went superior at 80%, appropriate considered value. In 70% of the systems of located irrigation he/she met acceptable values of UD, of these 20% they presented UD classified as regulating, 25% as good and 25% as excellent. In

general, the uniformity of application of water of the systems of located irrigation went superior the one of to irrigation for aspersion.

Key-words: uniformity, sprinkler, micro sprinkler

INTRODUÇÃO

A demanda hídrica para irrigação supera a soma de todas as demandas dos demais setores usuários da água no contexto de uma bacia hidrográfica. Em termos globais, 70% dos recursos hídricos disponíveis são derivados para irrigação, em detrimento dos demais setores. Na medida em que estes se desenvolvem, a disponibilidade de água para irrigação tende a diminuir no futuro. Por outro lado, a importância da agricultura irrigada é inegável, tendo em vista que 36% da produção mundial de alimentos e fibras originam-se de áreas irrigadas que correspondem apenas 15% da área total cultivada (PAZ, 2003).

A grande quantidade de água requerida para irrigação, o decréscimo de sua disponibilidade e o alto custo da energia necessária à sua aplicação têm aumentado o interesse pela racionalização desse recurso na agricultura, objetivando minimizar as suas perdas (AZEVEDO et al., 1999).

Nenhum sistema de irrigação é capaz de aplicar água com perfeita uniformidade. Em geral, o aumento da uniformidade de distribuição da água requer investimentos na melhoria do sistema, em manutenção e em mão-de-obra para o manejo racional da irrigação (DUKE et al., 1992; HEERMANN et al., 1992).

Para que a água seja utilizada de forma eficiente na agricultura irrigada, os equipamentos devem ser avaliados periodicamente e cada irrigação deve ser realizada visando aplicar a quantidade de água demandada pela cultura, sendo necessário para isto um adequado dimensionamento e manejo dos sistemas de irrigação.

Para REIS et al. (2002), a avaliação do desempenho de um sistema de irrigação é uma etapa fundamental antes que qualquer estratégia de manejo da água seja implementada. MANTOVANI & RAMOS (1994) afirmaram que a uniformidade da irrigação tem como objetivo básico melhorar a produtividade e/ou a rentabilidade da propriedade. Segundo BERNARDO (1996), é de capital

importância determinar a uniformidade de distribuição de água em qualquer método de irrigação.

A uniformidade de distribuição de água é um dos poucos parâmetros de avaliação da irrigação, que muitos especialistas na área consideram importantes para a averiguação do desempenho dos sistemas. O termo uniformidade é aplicado aos parâmetros de desempenho associados à variabilidade da lâmina de água ao longo da superfície do terreno irrigado (RESENDE et al., 2002).

Muitos coeficientes são usados para expressar a variabilidade de distribuição da água aplicada por um sistema de irrigação por aspersão, na superfície do solo. O primeiro deles foi proposto por Christiansen em 1942, denominado Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), que adota o desvio médio absoluto como medida de dispersão (FRIZZONE, 1992).

O CUC é o coeficiente mais conhecido e, pela sua simplicidade, o mais utilizado. Por convenção, 80% representa, em geral, o seu valor mínimo aceitável. Segundo Gomes (1999) admitem-se valores de CUC inferior a 80%, se a área a irrigar recebe chuvas durante o período de irrigação, se a planta possui sistema radicular profundo ou, ainda, se a economia obtida no custo da instalação, com maiores espaçamentos entre aspersores e entre linhas laterais, compensar a redução do rendimento da cultura irrigada.

Merriam et al. (1973) recomendam que, para culturas de alto valor econômico e com sistema radicular pouco profundo, o coeficiente de uniformidade de Christiansen deve ser superior a 88%; para culturas com sistema radicular medianamente profundo, o CUC deve variar entre 82 e 88% e, para culturas com sistema radicular profundo, em locais onde a quantidade de chuva é substancial, o CUC pode variar entre 70 e 82%.

Outra medida de uniformidade utilizada é a razão entre a média de 25% dos menores valores de lâminas de irrigação e a lâmina média aplicada na superfície do solo. Sua origem é creditada ao SCS-USDA, sendo denominada de eficiência padrão. Kruse (1978) denominou-a de uniformidade de distribuição.

Segundo Frizzone (1992), o coeficiente de uniformidade de distribuição de água é uma medida freqüentemente utilizada como indicador dos problemas de distribuição da irrigação. Um baixo valor de UD indica perda excessiva de água por percolação profunda, se a lâmina mínima aplicada corresponde à lâmina

necessária. Os valores de UD são, geralmente, menores que os valores de CUC (RESENDE et al., 2002).

A uniformidade de distribuição de água na irrigação por aspersão depende de vários fatores: pressão de serviço; uniformidade de rotação do aspersor; altura da haste, diâmetro e tipo do bocal; espaçamento; e fatores climáticos. Os aspersores devem funcionar dentro dos limites de pressão especificados pelo fabricante, para obter um bom perfil de distribuição.

Na irrigação localizada, a uniformidade de distribuição da água ao longo da linha lateral está intimamente relacionada à variação de vazão dos emissores, variação essa devida às perdas de carga ao longo da tubulação e das inserções dos emissores, dos ganhos e perdas de energia de posição, da qualidade do tubo, das obstruções e efeitos da temperatura da água sobre o regime de escoamento e geometria do emissor (HOWELL & HILLER, 1974 e GOMES, 1999), distância dos microaspersores ao caule das plantas e a interferência na interceptação do jato (COSTA, 1994); e, fatores climáticos, como a velocidade e direção do vento (CONCEIÇÃO, 2002). A desuniformidade de aplicação de água na irrigação por microaspersão é atribuída principalmente à falta de manutenção, sistemas mal dimensionados, ou que estão em uso há determinado tempo.

BERNARDO (1996) ressaltou que, mesmo na microaspersão, para a qual se tem melhor controle da lâmina aplicada, é recomendado após a instalação e durante a vida útil do sistema, verificar a uniformidade de irrigação, particularmente nos sistemas sem aplicadores compensados. BARRETO FILHO et al. (2000) recomendaram os métodos de MERRIAN & KELLER (1978) e da ASAE (1996) para a avaliação do coeficiente de uniformidade (CU) na irrigação localizada.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a uniformidade de distribuição de água, nas condições atuais de manejo e operação dos sistemas de irrigação por aspersão e microaspersão, no Perímetro Irrigado de Ponto Novo, visando à otimização e sustentabilidade do uso da água.

MATERIAL E MÉTODOS

O Perímetro Irrigado de Ponto Novo

O Perímetro Irrigado de Ponto Novo (PIPN) está localizado no semi-árido baiano (10° S, 39° W, 400 m) entre as cidades de Ponto Novo e Senhor do Bonfim, distante 350 km a noroeste de Salvador, capital do Estado da Bahia. A área do PIPN compreende 2.536 ha irrigáveis de um total de 3.444 ha, sendo composto de 146 lotes para pequenos produtores (área média de 5 ha), 62 lotes para médios produtores (área média de 30 ha) e 1 lote, de 110 ha, destinado à produção de feno de alta qualidade, integrante do Programa Cabra Forte do Governo da Bahia.

A fonte de suprimento hídrico é o rio Itapicuru, com água de boa qualidade para irrigação de culturas agrícolas. Além da irrigação, o aproveitamento da água contempla também a piscicultura, a regularização do rio e o abastecimento urbano.

O PIPN conta com completa infraestrutura para produção agrícola, incluindo abastecimento de água (barragem, estações de recalque, 18,976 km de canais abertos e 2,316 km de adutoras), energia elétrica, estradas e centro administrativo. No perímetro, as famílias possuem casa em seus respectivos lotes, além de infraestrutura de escola, creche, associação de produtores de flores, igrejas, etc.

Caracterização dos lotes avaliados

Os testes de campo para avaliação da irrigação foram conduzidos em lotes de pequenos produtores, onde em geral apenas um único tipo de sistema pressurizado de irrigação é encontrado, ou seja, aspersão convencional ou microaspersão. Trinta e cinco lotes (25,7% do total sob irrigação) foram avaliados contemplando as principais áreas e culturas em exploração no perímetro. Nestes lotes, 15 sistemas avaliados foram de aspersão convencional e 20 de microaspersão.

Na maioria dos lotes predomina o sistema de aspersão portátil, sendo que em apenas dois lotes (L13 e L14), o sistema de aspersão era fixo. A Tabela 1 mostra as características dos aspersores com indicação do espaçamento em que foram testados e a cultura irrigada.

Tabela 1. Marca e modelo de aspersores testados, espaçamento no campo e cultura irrigada nos lotes avaliados com aspersão convencional, no Projeto de Irrigação Ponto Novo, Bahia.

Lote	Aspersor (marca/modelo)	Espaçamen to (m x m)	Cultura		
			Nome	Idade (mês)	Altura (m)
L01	Fabrimar / A1823 (a)	12 x 18	melancia	2	-
L02	Fabrimar / A1823	12 x 18	banana + melancia	3	1,2 (e)
L03	Naan / 333 (b)	12 x 18	banana	4	1,5
L04	Naan / 333	12 x 18	manga	60	3,0 (f)
L05	Naan / 333	12 x 18	tomate	1	-
L06	Fabrimar / A1823	12 x 12	banana	3	1,2
L07	Naan / 333	18 x 18	banana	12	4,0
L08	Naan / 333	12 x 18	melancia	2	-
L09	Naan / 333	18 x 18	banana	3	1,2
L10	Fabrimar / A1823	12 x 18	banana	4	1,5
L11	Fabrimar / A1823	18 x 18	banana + feijão	2	1,0
L12	Naan / 333	12 x 18	banana + tomate	3	1,2
L13	Fabrimar / A232 (c)	18 x 18	alfafa	7	-
L14	Naan / 5022 (d)	12 x 12	helicônia	12	-
L15	Naan / 333	12 x 12	banana	9	4,0

(a) Bocais 5,6 mm x 3,0 mm, pressão de serviço 250 kPa, vazão 2,12 m³h⁻¹ e diâmetro molhado 28 m.

(b) Bocais 4,6 mm x 3,8 mm, pressão de serviço 300 kPa, vazão 2,08 m³h⁻¹ e diâmetro molhado 35 m.

(c) Bocais 4,8 mm x 3,2 mm, pressão de serviço 250 kPa, vazão 2,02 m³h⁻¹ e diâmetro molhado 28 m.

(d) Bocais 3,0 mm x 2,5 mm, pressão de serviço 300 kPa, vazão 0,98 m³h⁻¹ e diâmetro molhado 23 m.

(e) Altura média de plantas de bananeira.

(f) Altura média de plantas de mangueira.

Os lotes irrigados por microaspersão eram originalmente irrigados por aspersão, quando da ocupação dos mesmos pelos irrigantes. Em pelo menos 12 dos 20 lotes visitados, foram encontrados microaspersores da marca Netafim, modelo Gyronet, cujas especificações técnicas estão na Tabela 2, obtidas de prospecto do fabricante. Nos demais lotes, os emissores dos sistemas avaliados eram de marcas e modelos diferentes.

Tabela 2. Especificações técnicas do microaspersor Netafim, modelo Gyronet, encontrado na maioria dos lotes avaliados com este sistema de irrigação, no Perímetro Irrigado de Ponto Novo.

Bocal	Diâmetro do bocal (mm)	Pressão de operação (kPa)	Vazão (Lh ⁻¹)	Diâmetro molhado (m)
Marron	0,75	100	21	5,0
		200	29	
Azul	0,90	100	31	6,0
		200	44	
Cinza	1,10	100	51	7,5
		200	59	
Preto	1,20	100	55	7,5
		200	78	
Laranja	1,40	100	74	8,5
		200	104	
Vermelho	1,60	100	95	8,5
		200	134	

Procedimento para teste dos sistemas de irrigação

Nos sistemas de irrigação por aspersão o teste de distribuição de água foi realizado nos aspersores centrais da linha lateral. As laterais testadas possuíam em média cinco a seis emissores e, em geral, uma única linha lateral estava em funcionamento quando da realização do teste. Na maioria dos lotes, observou-se que a linha principal estava posicionada no centro da área irrigada, com um número médio dezoito posições, sendo nove em cada lado.

Em função da distância do jato de água dos aspersores, informação obtida junto ao irrigante, uma malha de 3 m x 3 m de coletores Fabrimar foi montada para coleta da água em toda a extensão do jato. O número de coletores variou de 30 a 56 unidades e foram instalados a 0,70 m da superfície do solo. Os procedimentos de avaliação no campo seguiram recomendações de Frizzone (1992).

A pressão de serviço foi medida por meio de um manômetro digital acoplado a um tubo Pitot, com escala nominal de 0 a 500 kPa; as vazões dos aspersores foram medidas pelo método direto, utilizando-se duas mangueiras de PVC flexível, um balde com capacidade para 20 L e um cronômetro digital. A velocidade do vento foi determinada por meio de um anemômetro digital portátil, com escala nominal de 0 a 45 ms⁻¹. Procedeu-se ao controle da evaporação da água durante os testes por meio de um recipiente plástico contendo 0,100 L de água. Assim, ao final de cada teste, tanto o volume de água dos coletores quanto

o volume no recipiente-controle foram medidos com uma proveta graduada em milímetros. Os testes tiveram duração de 60 minutos.

Os procedimentos para avaliação de sistemas de microaspersão seguiram recomendações de Nakayama & Bucks (1989). Na subunidade de irrigação medidas de pressão e vazão foram realizadas nos emissores e laterais escolhidos segundo amostragem-padrão em 4 pontos, ou seja: i) no primeiro emissor; ii) no emissor situado a 1/3 do comprimento; iii) no emissor situado a 2/3 do comprimento e iv) no último emissor. Na linha de derivação coletaram-se dados na: i) primeira lateral; ii) na lateral situada a 1/3 da linha de derivação; iii) na lateral situada a 2/3 da linha de derivação e iv) na última lateral.

Para determinação da vazão dos emissores utilizou-se proveta de 2000 mL de capacidade, com subdivisão de 5 mL. O tempo de teste foi de 60 segundos. A pressão do emissor foi medida com auxílio do manômetro digital acoplado a um tubo Pitot.

Com base nos dados obtidos na avaliação do desempenho dos sistemas de irrigação, indicadores de performance foram calculados.

Indicadores de desempenho

Para avaliação do desempenho dos sistemas de irrigação utilizou-se o coeficiente de uniformidade de Christiansen (Christiansen, 1942) e a uniformidade de distribuição de água (UD) (Keller & Bliesner, 1990) definida matematicamente a seguir:

$$CUC = 100 \cdot \left[\frac{1 - \left(\sum_{j=1}^n |L_j - L_m| \right)}{\sum_{j=1}^n L_j} \right] \quad (1)$$

onde CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen (%); L_j = lâmina d'água no coletor de ordem j (mm) com todos os coletores, regularmente espaçados no campo; L_m = média das lâminas coletadas (mm) e n = número de coletores.

$$UD = 100 \cdot \left(\frac{L_{25}}{L_{mc}} \right) \quad (2)$$

onde UD = uniformidade de distribuição do menor quartil (%); L_{25} = média dos 25% menores valores de lâmina coletada (mm); L_{mc} = lâmina média coletada (mm).

Para a avaliação a partir das informações de uniformidade obtidas nos testes realizados nos sistemas de aspersão e microaspersão, considerou-se o grau de aceitabilidade proposto pela NRCS (1997) como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Critério geral para avaliação qualitativa da distribuição de água pelos sistemas de aspersão convencional e microaspersão, de acordo com NRCS (1997).

Classificação	UD (%)
Péssimo	< 70
Regular	70 - 80
Bom	80 - 90
Excelente	> 90

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Irrigação por aspersão

A Tabela 4 mostra, para os quinze lotes visitados, os valores médios de pressão de operação e vazão dos aspersores entre os quais instalou-se a malha de coletores, bem como a velocidade média do vento durante o teste e os valores de CUC e UD.

O dimensionamento dos lotes por ocasião da implantação do PIPN foi concebido para que os emissores operando na faixa de 250 kPa a 350 kPa pudessem proporcionar adequada distribuição de água na parcela irrigada. Para tanto, à entrada de cada lote, além do hidrômetro, também foi instalada uma válvula reguladora de pressão. No entanto, verificou-se durante os testes que nos sistemas com o mesmo tipo de aspersor, por exemplo, aspersor Fabrimar A1823, a pressão de operação média foi de 394 kPa, com valores variando de 180 kPa no lote L02 a 650 kPa no lote L06, uma diferença de 260%. No caso do aspersor Naan 333, encontrado em oito dos quinze sistemas avaliados, a pressão de operação média foi de 363 kPa, variando de 270 kPa (L09) a 527 kPa (L05), ou seja, uma diferença de 95%. Como mostra a Tabela 5, entre os aspersores de mesma marca e modelo a vazão seguiu a variação da pressão de operação. No entanto, em alguns casos essa relação pode ter sido afetada provavelmente pela inadequada manutenção dos emissores.

A falta de regulação da pressão no ponto de alimentação de água à entrada dos lotes e a grande flexibilidade de operação das unidades a serem irrigadas, provavelmente contribuíram para a ocorrência de grandes diferenças na pressão de operação dos emissores (Tabela 5), com efeito direto sobre a uniformidade de aplicação de água. Observou-se também que em alguns lotes implantados na mais recente etapa de ampliação da área irrigada no PIPN, válvulas reguladoras não foram instaladas, resultando em operação inadequada do sistema.

A velocidade média do vento durante os testes variou de $0,2 \text{ ms}^{-1}$ a $4,9 \text{ ms}^{-1}$ (Tabela 5). A ação do vento pode tornar desuniforme a distribuição da água na área irrigada (Frizzone, 1992), especialmente quando aplicada por sistemas de aspersão sobrecopa.

Observa-se que o CUC variou de 8,9% a 85%, com média de 59,6%, seguindo a UD a mesma tendência, com máximo de 77,0%, mínimo de 6,4% e média de 49,3%. Os menores valores de CUC (17,2% e 8,9%) foram obtidos nos sistemas de irrigação dos lotes L04 e L07, respectivamente. No caso do L04, assim como em outros, identificou-se que a principal causa para a alta desuniformidade de distribuição da água foi provavelmente a interceptação do jato dos aspersores pela copa das árvores, já que neste lote o sistema de aspersão era utilizado para irrigar mangueiras com 5 anos de idade (3 m de altura e 4 m de diâmetro). No lote L07, verificou-se semelhante situação, pois além do impedimento físico causado por bananeiras de três anos de idade (em torno de 1,2 m de altura), o espaçamento entre os aspersores (18 m na linha x 18 m entre linhas) também contribuiu para a baixíssima uniformidade.

Com os baixos indicadores de uniformidade vistos na Tabela 5, espera-se que as perdas de água por percolação profunda sejam significativas nos lotes avaliados, além de gerar igualmente problemas de molhamento deficitário em alguns setores da área (Keller & Bliesner, 1990; Wilson & Zoldoske, 1997). O problema de aplicações em excesso ou deficitárias tendem a se agravar durante o ciclo de produção, caso o padrão irregular de distribuição de água mantenha-se o mesmo em outros eventos de irrigação. A Figura 1 ilustra a distribuição espacial da água em três lotes irrigados do PIPN.

Tabela 4. Pressão de operação e vazão do aspersores, velocidade média do vento e indicadores de performance (CUC e UD) para a irrigação por aspersão convencional no Projeto de Irrigação Ponto Novo, Bahia.

Lote	Pressão (kPa)	Vazão (m ³ h ⁻¹)	Velocidade do vento (ms ⁻¹)	CUC (%)	UD (%)
L01	215	1,9	3,3	76,9	67,5
L02	180	2,2	2,7	61,5	56,5
L03	300	2,6	3,8	66,3	54,5
L04	355	2,6	2,8	17,2	12,0
L05	527	2,8	2,8	62,4	59,8
L06	650	4,0	4,5	57,5	44,0
L07	310	2,3	0,2	8,9	6,4
L08	280	2,2	2,1	85,0	77,0
L09	270	2,3	1,2	81,2	69,9
L10	471	3,1	1,6	50,5	30,3
L11	455	4,4	3,8	59,1	33,3
L12	390	2,4	1,1	59,8	52,8
L13	330	2,0	2,3	71,9	64,5
L14	270	0,9	1,8	83,6	74,5
L15	471	2,4	3,6	52,0	35,8
Máximo	650	4,4	4,5	85,0	77,0
Mínimo	180	0,9	0,2	8,9	6,4
Média	365	2,5	2,5	59,6	49,3

A Tabela 6 mostra, em função dos critérios definidos na Tabela 5, que dos sistemas de irrigação por aspersão convencional avaliados, 77% foram classificados como péssimo a regular em termos de distribuição de água, e os restantes 27% foram considerados como de boa distribuição. Nenhum dos sistemas foi considerado de ótima uniformidade.

Tabela 5. Valores e classificação do UD em lotes irrigados por aspersão no Perímetro Irrigado de Ponto Novo.

Lote	UD (%)	Classificação	Fração dos lotes (%)		
L07	6,4	Péssimo	80		
L04	12,0				
L10	30,3				
L11	33,3				
L15	35,8				
L06	44,0				
L12	52,8				
L03	54,5				
L02	56,5				
L05	59,8				
L13	64,5				
L01	67,5				
L14	74,5			Regular	20
L08	77,0				
L09	69,9				

Os sistemas de irrigação por aspersão, em 60% dos lotes estudados, foram instalados há mais de cinco anos, apresentando em geral mal estado de conservação. Problemas como vazamento de água nos engates e conexões foram identificados, podendo ter contribuído para a baixa uniformidade de distribuição de água em alguns lotes, pelos efeitos sobre a pressão de operação dos aspersores.

Irrigação por microaspersão

Os valores e classificação do UD obtidos nos sistemas de irrigação por microaspersão dos lotes estudados são apresentados na Tabela 6. O valor médio de UD foi de 76,8%, variando de 36,4% a 96,2%.

Em 30% dos sistemas avaliados o coeficiente de uniformidade de distribuição de água, segundo a ASAE (1996), pode ser classificado como “ruim” e em 20% o valor foi considerado “inaceitável”. Os baixos valores de UD decorrem, principalmente, da obstrução dos emissores, dos cortes nas mangueiras, dos vazamentos nas conexões e substituição dos microaspersores por outros de marca e modelos distintos.

Foram verificados valores aceitáveis de UD em 70% dos sistemas, sendo 20% classificados como regular, 25% como bom e 25% como excelente.

Tabela 7. Valores e classificação do UD em lotes irrigados por microaspersão no Perímetro Irrigado de Ponto Novo.

Lote	UD (%)	Classificação	Fração dos lotes (%)
L08	36,4	Péssimo	30
L05	43,9		
L10	52,2		
L09	59,2		
L15	65,6		
L11	66,8		
L07	75,6	Regular	20
L14	76,6		
L06	76,7		
L03	78,9		
L17	81,6	Bom	25
L16	85,7		
L18	86,2		
L01	87,4		
L12	88,6		
L02	93,1	Excelente	25
L04	94,2		
L19	94,7		
L13	95,9		
L20	96,2		
UD Médio		76,8	

As Figuras 1 e 2 mostram a variação de vazão dos microaspersores na linha de derivação e nas linhas laterais. Grandes variações estão associadas a fatores como entupimento (sistemas L03, L05, L08, L09, L10, L11, L14, L15) e substituição de emissores por outros de marcas distintas muitas vezes com vazões superiores as de projeto (sistemas L05, L06, L07, L08, L12, L17 e L20). A ocorrência de vazão nula deve a obstrução total ou isolamento do ponto de inserção (sistemas L08 e L10).

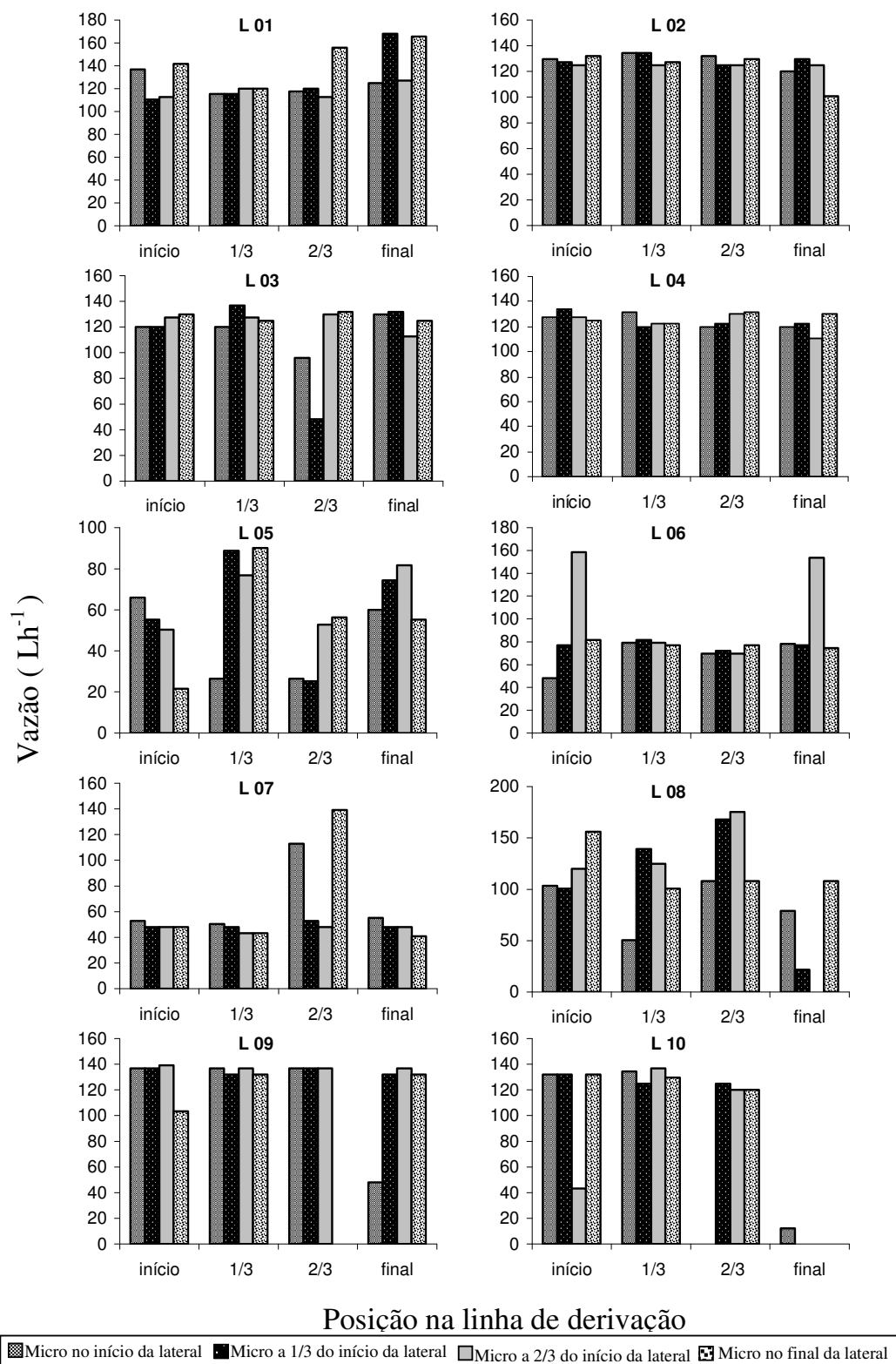


Figura 1. Vazão nos microsperosores segundo amostragem padrão nos lotes estudados.

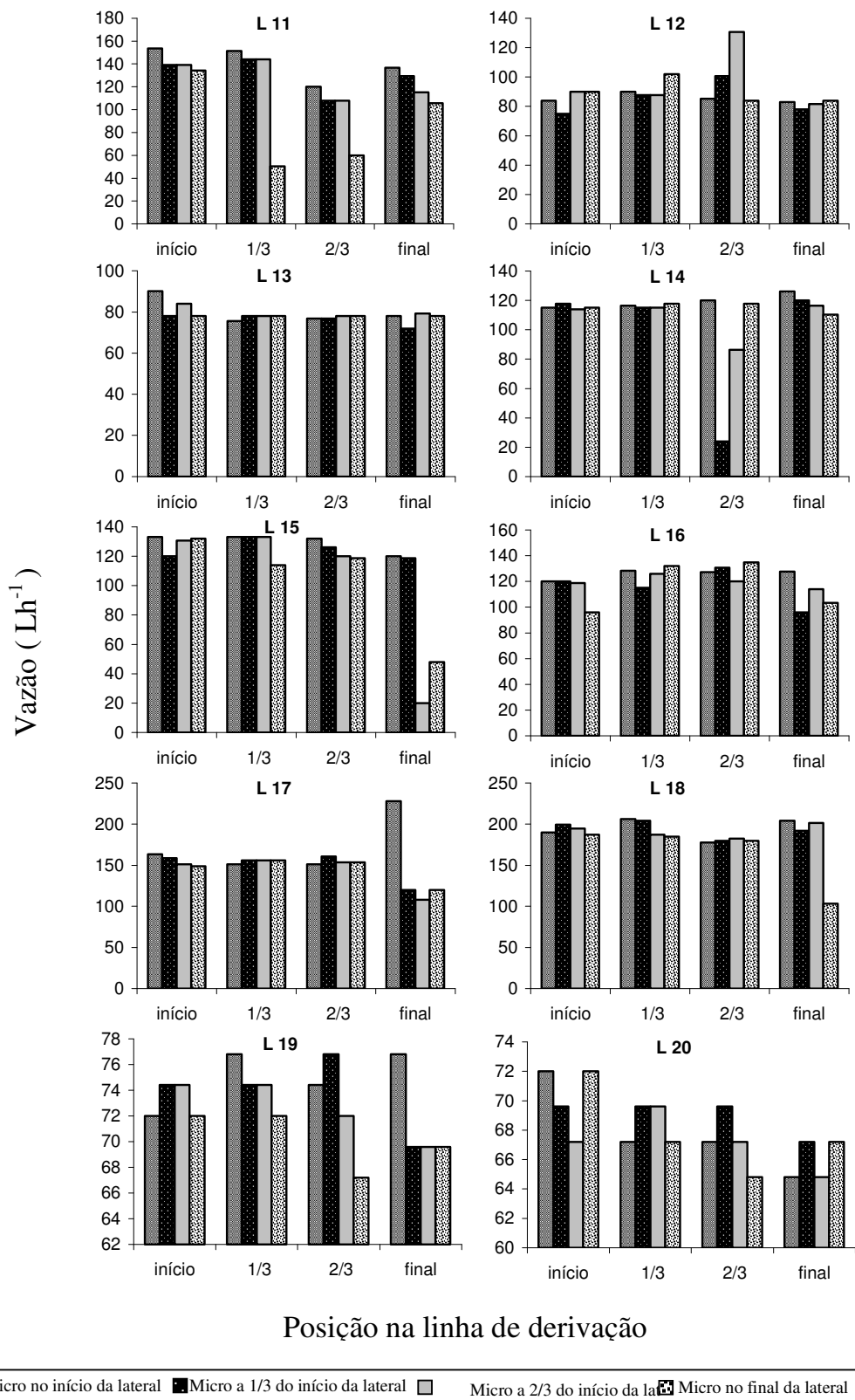


Figura 2. Vazão nos microaspersores segundo amostragem padrão nos lotes estudados.

Aspersão convencional vs. microaspersão no PIPN

Esta avaliação pormenorizada do desempenho de sistemas pressurizados de irrigação no PIPN é provavelmente a primeira desde a implantação do perímetro em 2000. A análise de desempenho dos sistemas de aspersão convencional e microaspersão baseou-se em apenas um único evento de irrigação. Se por um lado, trata-se de uma amostragem temporal não representativa, por outro, a realização dos testes em 35 pequenos lotes (25,7% do total sob irrigação) pode representar uma amostragem espacial razoável, no sentido de fornecer um diagnóstico confiável da situação naqueles lotes, bem como nos outros lotes irrigados do PIPN.

Verificou-se que os sistemas de irrigação por aspersão convencional apresentaram, com base no indicador UD, desempenho inferior ao observado entre os sistemas de microaspersão. Encontrou-se que entre as principais causas para as baixas uniformidades de aplicação de água estavam a alta pressão de operação dos emissores e o impedimento físico exercido por plantas de fruteiras sobre a trajetória do jato d'água. Nos lotes de culturas de porte baixo (L01, L05, L08, L13 e L14) foram obtidos os maiores valores de CUC, com média de 76%, variando de 62,4% (L05, cultura tomate) a 85% (L08, melancia).

A ocorrência de pressão de operação acima da recomendada pelos fabricantes dos aspersores sugere que o controle da mesma à entrada do lote não é efetivo ou que simplesmente não há nenhum controle, como observado. Ao passo que, a utilização de aspersores com tubos de subida não suficientes para projetar o jato acima da copa das plantas, sugere melhor regulagem da altura do aspersor ou quando não for possível, a substituição da cultura irrigada por outra de menor porte ou a substituição da aspersão convencional por irrigação localizada.

A comparação entre métodos e/ou sistemas de irrigação deve levar em conta a qualidade do dimensionamento do sistema bem como sua operação. Pela presente análise parece claro que a irrigação por microaspersão é superior à aspersão, ao menos no que se refere às condições de operação e manejo do sistema de irrigação. Quando, por exemplo, a altura do tubo de elevação do aspersor e/ou espaçamento dos aspersores na linha e entre linha são a causa de desuniformidade, uma solução prática é relativamente fácil. Por outro lado, se o problema é a operação dos aspersores com pressões acima do recomendado, a solução demanda revisão do dimensionamento do sistema, com eventual

substituição dos emissores. Acresce-se o fato de que esta causa de desuniformidade pode ser potencializada pela ação do vento, na medida em que altas pressões pulverizam o jato facilitando tanto o carreamento quanto às perdas por evaporação.

Um outro importante aspecto no confronto da irrigação por aspersão com a microaspersão nas condições do PIPN é o fato de os irrigantes pagarem pela água de irrigação, à razão de R\$ 19,51 por 1.000 m³ de água. Sistemas de irrigação com baixa uniformidade de aplicação de água podem gerar prejuízos econômicos não somente pelo desperdício de água, mas também pelos efeitos sobre o rendimento das culturas ao gerar setores com molhamento em excesso ou deficitário, como mencionado por Keller & Bliesner (1990) e Wilson & Zoldoske (1997).

CONCLUSÕES

Em 80% dos lotes irrigados por aspersão os coeficientes de uniformidade encontrados foram inferiores ao menor valor aceitável (CUC < 80% ; UD < 70%)

Nos sistemas de irrigação por microaspersão em 70% dos sistemas avaliados encontrou-se valor aceitável de UD, distribuídos em 20% como regular, 25% como bom e 25% como excelente (75,6% < UD < 96,2%).

Nas atuais condições de dimensionamento, operação e manejo da irrigação pressurizada no Projeto de Irrigação Ponto Novo, os sistemas de microaspersão apresentaram desempenho superior aos sistemas de aspersão convencional.

Verificou-se que mudanças operacionais devem ser implementadas para a efetiva melhoria da irrigação por aspersão, quando a substituição da mesma por microaspersão não for possível. Tais mudanças tornam-se essenciais para redução dos custos de produção e otimização da receita líquida, principalmente nos lotes irrigados com fruteiras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Field evaluation of microirrigation Systems**. St. Joseph, 1996.

AZEVEDO, H.J. et al. Influência de elementos do clima e da pressão de operação do aspersor no desperdício de água, em um sistema de irrigação por alta pressão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.18, n.4, p.53-62, 1999.

BARRETO FILHO, A.A. et al. Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão, instalado a nível de campo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, p. 309-14, 2000.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1996. 657p.

BRALTS, V. F. Field performance and evaluation. In NAKAYAMA, F. S. e BUCKS, D. A. **Trickle irrigation for crop production: design, operation and management**. Amsterdam: Elsevier, 1986. 383 p. (Developments in Agricultural Engineering, 9) p. 216-240.

CHRISTIANSEN, J.E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: California Agricultural Station. 1942. 124p. (Bulletin, 670)

CONCEIÇÃO, M. A. F. **Simulação da distribuição de água em microaspersores sob condição de vento**. 2002. 110 f.. Tese (Doutorado em Agronomia) - ESALQ/USP, Piracicaba, 2002.

COSTA, M. C. **Caracterização hidráulica de dois modelos de microaspersores associados a três reguladores de fluxo e um mecanismo de pulso**. 1994. 109 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - ESALQ/USP, Piracicaba, 1994.

DUKE, H.R.; HEERMANN, D.F.; DAWSON, L.J. Appropriate depths of application for scheduling center pivot irrigations. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.35, n.5, p.1457-1467, 1992.

FRIZZONE, J.A. **Irrigação por aspersão: uniformidade e eficiência**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Engenharia Rural, 1992. (Série didática, 3)

GOMES, H.P. **Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento**. 3.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 412 p.

HOWELL, T.A.; HILLER, E.A. Designing trickle irrigation laterals for uniformity. In:INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS, 2., 1974, San Diego. **Proceedings...** Riverside: Department of Soil Science and Agricultural Engineering, 1974. p.299-304.

HEERMANN, D.F.et al. Distribution functions to represent center-pivot water distribution. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.35, n.5, p.1465-1472, 1992.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle Irrigation**. New York: van Nostrand Reinhold, 1990. 652 p.

KRUSE, E.G. Describing irrigation efficiency and uniformity. **J. Irrig. Drainage**, New York, v.104, p. 35-41, 1978.

MANTOVANI, E.C.; RAMOS, M.M. Manejo da irrigação. In: COSTA, E.F.; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. **Quimigação**: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: EMBRAPA-SSI, 1994. p.129-158.

MERRIAM, J.L.; KELLER, J.; ALFARO, J. **Irrigation system evaluation and improvement**. Logan: Utah State University, 1973. 368p.

MERRIAN, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation systems evaluation**: A guide for management. Logan: Agricultural and Irrigation Engineering Department, Utah State University, 1978. 271p.

PAZ, V.P.S.; OLIVEIRA, A.S.; PEREIRA, F.A.C. Irrigação: tecnologia e produtividade. **Bahia Agrícola**, Salvador, v.5, n.3, p. 30 – 37, 2003.

REIS, E.F. et al. Uniformidade de aplicação de água em sistema de irrigação localizada no sul do estado do Espírito Santo - ES. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: UFBA/SBEA, 2002. 1CD – ROM.

REZENDE, GONÇALVES, R. et al. Influência da aplicação de água na uniformidade da umidade no perfil do solo. **Acta Scientiarum.**, Maringá, v. 24, n.5, p. 1553-1559, 2002

WILSON, T.P.; ZOLDOSKE, D.F. Evaluating sprinkler irrigation uniformity. Fresno: Center for Irrigation Technology, 1997. 6p. (CATI Publication 970703). (<http://www.cati.csufresno.edu/cit/rese/97/970703> acesso em 21.02.2006)

CAPÍTULO 2

EFICIÊNCIA DE APLICAÇÃO DE ÁGUA EM LOTES DE AGRICULTURA FAMILIAR DO PROJETO DE IRRIGAÇÃO PONTO NOVO, BAHIA¹

¹Artigo a ser ajustado para submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental

EFICIÊNCIA DE APLICAÇÃO DE ÁGUA EM LOTES DE AGRICULTURA FAMILIAR DO PROJETO DE IRRIGAÇÃO PONTO NOVO, BAHIA

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da irrigação dos sistemas de irrigação adotados no Projeto de Irrigação Ponto Novo (10° S, 39° W, 400 m), no semi-árido baiano, nas atuais condições de operação e manejo. As avaliações compreenderam duas modalidades distintas; na primeira, foram realizadas avaliações dos sistemas de irrigação do perímetro, nos quais foram determinadas as performances dos sistemas de irrigação, eficiência e adequabilidade. Na segunda modalidade foi feito um estudo da eficiência de aplicação de água em bananeira irrigada por microaspersão num único lote do Perímetro Irrigado. Em média a eficiência de aplicação da irrigação localizada foi superior a da irrigação por aspersão. A eficiência de aplicação de água no estudo em bananeira irrigada por microaspersão foi de 100%, no entanto, a adequabilidade variou de 0,4 a 0,8 significando que em todos os eventos de irrigação a lâmina aplicada foi inferior a lâmina requerida, irrigação insuficiente.

Palavras-chave: agricultura irrigada, lâmina de irrigação, eficiência

EFFICIENCY OF APPLICATION OF WATER IN SMALL IRRIGATOR PLOTS OF THE PONTO NOVO IRRIGATION DISTRICT, BAHIA

ABSTRACT: This work had as objective to evaluate the quality of the irrigation of the irrigation systems adopted in the Ponto Novo Irrigation District (10° S, 39° W, 400 m), in the semi-arid region of Bahia, in the current operation and management conditions. The evaluations understood two different modalities; in the first, evaluations of the systems of irrigation of the perimeter were accomplished, us which you/they were certain the performances of the irrigation systems, efficiency and adequacy. In the second modality it was made a study of the efficiency of the use of the water in banana tree irrigated by micro sprinkler in an only lot of the Irrigated Perimeter. On the average the efficiency of application of the located irrigation went superior the one of to irrigation for aspersion. The efficiency of application of water in the study in banana tree irrigated by micro sprinkler was of 100%, however, the adequacy varied from 0.4 to 0.8 meaning that in all the irrigation events the applied sheet went inferior to requested sheet, insufficient irrigation.

Key-words: irrigated agriculture, irrigation depth, efficiency

INTRODUÇÃO

Em algumas regiões do Brasil, os recursos hídricos são escassos, requerendo estudos criteriosos para a orientação com relação ao uso mais eficiente da água. A irrigação é uma alternativa tecnológica para contornar o problema hídrico, visando a assegurar o aumento da produtividade, tanto em quantidade como em qualidade dos produtos (GOMIDE, 2002). No entanto, a expansão da agricultura irrigada tem-se tornado preocupante, devido ao elevado consumo e às restrições de disponibilidade de água, bem como ao risco de degradação do sistema solo-água-planta (SANTIAGO, 2004).

Para garantir a sustentabilidade da agricultura irrigada, em face da crescente competição com os outros setores da economia, devem-se controlar os efeitos da irrigação sobre o meio ambiente e otimizar, com bases técnicas o uso da água. A adoção de técnicas racionais de manejo conservacionista do solo e da água é de fundamental importância, de tal forma que se possa, economicamente, manter ao longo do tempo esses recursos com quantidade e qualidade suficientes para a manutenção de níveis satisfatórios de produtividade (FRIZZONE, 1995).

O manejo racional da irrigação consiste na aplicação da quantidade necessária de água às plantas no momento correto. Por não adotar um método de controle da irrigação, o produtor rural usualmente irriga em excesso, temendo que a cultura sofra um estresse hídrico, o que pode comprometer a produção. Esse excesso tem como conseqüência o desperdício de energia e de água, usados em um bombeamento desnecessário. (LIMA; FERREIRA; CHRISTOFIDIS, 1999).

A realidade da agricultura irrigada brasileira tem demonstrado que não é raro encontrar-se projetos de irrigação, públicos ou privados, sem o apropriado planejamento e que, depois de implantados, são conduzidos sem a preocupação com o manejo e operações adequadas, onde a maioria dos irrigantes não assimila os princípios básicos da agricultura irrigada, o que dificulta o próprio entendimento da eficiência de irrigação e suas vantagens, resultando em baixa eficiência e comprometendo a expectativa de aumento da produtividade (FERREIRA, 1993).

A grande maioria dos usuários da agricultura irrigada não utiliza qualquer tipo de estratégia de uso e manejo racional da água de irrigação, e o monitoramento automático para esse manejo é ainda incipiente (GOMIDE, 1998).

Dentre os fatores que contribuem para a ausência do manejo de irrigação, estão a metodologia que, embora disponível, ainda não foi apresentada aos produtores de forma acessível, de modo que facilite a sua adoção e a falta de dados climatológicos ou de equipamentos adequados para auxiliarem os técnicos tomarem decisões de forma simples, rápida e com base científica. (SOARES, 2003).

Para que a água seja utilizada de forma eficiente na agricultura irrigada, os equipamentos devem ser avaliados periodicamente e cada irrigação deve ser realizada visando aplicar a quantidade de água demandada pela cultura, sendo necessário para isto um adequado dimensionamento e manejo dos sistemas de irrigação.

A qualidade da irrigação é avaliada através de indicadores de performance, que incluem indicadores de eficiência e de uniformidade. Segundo LORITE et al. (2004), os indicadores de performance são úteis, pois permitem avaliar práticas atuais e recomendar melhorias na eficiência da irrigação e produtividade da água, sendo utilizados para quantificar a habilidade do sistema em alcançar os objetivos estabelecidos bem como acessar a performance atual do sistema relativamente ao seu potencial.

Segundo BURT et al. (1997) nenhum indicador isolado, qualquer que seja seu valor numérico, é capaz de por si só descrever a performance da irrigação, mas um número mínimo e razoável de termos, considerados conjuntamente, pode render informações úteis para tomada de decisão.

Para Bernardo (1996) a eficiência de aplicação é a estimativa da percentagem do total de água aplicada na irrigação considerada útil às plantas. Sendo assim, se toda a água aplicada for aproveitada pela planta, a eficiência de aplicação será igual a 100%. Esse valor, entretanto, dificilmente poderá ser alcançado em condições de campo devido às perdas que ocorrem durante e após a irrigação. Em geral, a baixa eficiência nos projetos de irrigação está relacionada à desuniformidade de distribuição de água.

Segundo Frizzone (1992) a eficiência de aplicação incorpora a eficiência de distribuição e a eficiência em potencial de aplicação, dando idéia das perdas de água por percolação e por evaporação. Dentre os sistemas de irrigação, a localizada apresenta maiores valores de eficiência de aplicação, da ordem de 80

a 90%, bem superiores às faixas de 60 a 80%, e de 50 a 70%, dos sistemas por aspersão e superfície, respectivamente (Keller & Bliesner 1990).

Se o volume de água aplicado for superior à capacidade de retenção do solo, parte dele irá drenar para as camadas mais profundas, abaixo do sistema radicular da cultura, não sendo aproveitada pelas plantas. As perdas por drenagem profunda ocorrem, com mais frequência, em solos de textura média a arenosa, com baixa capacidade de retenção de água e alta permeabilidade. Nesses solos deve-se buscar realizar um manejo da água onde a frequência de irrigação seja maior, evitando-se a aplicação de grandes volumes em intervalos muito grandes.

A utilização de sistemas de irrigação mais eficientes é uma busca constante na agricultura irrigada, pois existe tendência de aumento no custo da energia e de redução da disponibilidade hídrica dos mananciais. Dentre os sistemas pressurizados, a irrigação localizada é a que propicia a maior eficiência de irrigação, uma vez que as perdas na aplicação de água são relativamente pequenas, considerando-se que, quando bem projetada e manejada, a área máxima molhada não deve ser superior a 55% da área sombreada pela planta, com área mínima molhada de 20% nas regiões úmidas e de 30% nas regiões de clima semi-árido (AZEVEDO, 1986).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da irrigação no Projeto de Irrigação Ponto Novo, nas atuais condições de operação e manejo.

MATERIAL E MÉTODOS

O Perímetro Irrigado de Ponto Novo

O estudo foi realizado no Perímetro de Irrigação de Ponto Novo (PIPN), localizado no semi-árido baiano (10° S, 39° W, 400 m) entre as cidades de Ponto Novo e Senhor do Bonfim e distante 350 km a noroeste de Salvador.

A área do PIPN compreende 2.536 ha irrigáveis de um total de 3.444 ha, sendo composto de 146 lotes para pequenos produtores (área média de 5 ha), 62 lotes para médios produtores (área média de 30 ha) e 1 lote, de 110 ha, para produção de feno de alta qualidade, integrante do Programa Cabra Forte do Governo da Bahia.

As avaliações compreenderam duas modalidades distintas; na primeira (Experimento 1), foram realizadas avaliações de sistemas de irrigação do perímetro, nos quais foram determinadas as performances dos sistemas de irrigação, eficiência e adequacidade. Na segunda modalidade (Experimento 2) foi feito um estudo da eficiência de aplicação de água em bananeira irrigada por microaspersão num único lote do Perímetro Irrigado.

Experimento 1

Características do solo dos lotes avaliados

Na tabela 1 são apresentados a classificação dos solos nos diferentes setores do Perímetro Irrigado.

Para determinação das curvas de retenção de água no solo, foram coletadas amostras de solo no ponto médio das seguintes camadas do perfil: 0 – 0,20 m; 0,20 – 0,40 m; 0,40 – 0,60 m. Coletaram-se dez amostras por camada sendo oito para elaboração da curva de retenção e duas para determinação da densidade do solo. A determinação das relações entre tensão e conteúdo de água do solo desde efetuou-se no laboratório de Física do Solo da Embrapa Mandioca e Fruticultura. O ajuste das curvas de retenção da água no solo se deu com base na equação de van Genuchten (1980).

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha|\phi_m|^n)\right]^m} \quad (1)$$

Onde:

θ_r - umidade volumétrica residual ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)

θ_s - umidade volumétrica saturada ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)

$|\phi_m|$ - potencial matricial (kPa)

α, m, n – parâmetros empíricos da equação

Considerou-se capacidade de campo (CC), a umidade do solo obtida com a aplicação da tensão de 10 kPa e, como ponto de murcha permanente (PMP) a obtida com a tensão de 1500 kPa. A água disponível foi determinada pela diferença entre CC e PMP.

Tabela 1. Classificação dos solos dos setores estudados.

Setor	Avaliações	Solo	Descrição
1	12, 13, 17	PA1a	Podzólico Amarelo latossólico álico profundo a muito profundo textura média fase bem drenado relevo plano a suave ondulado.
2	14, 15, 16, 18, 19	PA1a	Podzólico Amarelo latossólico álico profundo a muito profundo textura média fase bem drenado relevo plano a suave ondulado.
3	11, 20, 21, 22	PAa1	Podzólico Amarelo álico também A moderado muito profundo textura média fase bem drenado relevo plano.
4	8, 23, 24	LAa3	Latossolo Amarelo álico A fraco ou moderado muito profundo textura média fase bem acentuadamente drenado relevo plano a suave ondulado.
5	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10	PA1a	Podzólico Amarelo latossólico álico profundo a muito profundo textura média fase bem drenado relevo plano a suave ondulado.

Tabela 2. Parâmetros da equação de van Genuchten (1980), valores ajustados de umidade da curvas de retenção de água no solo, coeficiente de determinação e disponibilidade total de água no solo (DTA).

Setor	Profundidade (cm)	α	n	m	θ_s	θ_{10} (CC)	θ_{1500} (PMP)	θ_r	r^2	DTA ₆₀ (mm)
						cm ³ cm ⁻³				
1	10	0,61	1,15	0,50	0,48	0,12	0,08	0,06	0,983	40,7
	30	0,28	1,23	0,50	0,44	0,15	0,09	0,06	0,989	
	50	0,18	1,05	0,52	0,42	0,16	0,10	0,07	0,986	
2	10	0,40	1,20	0,49	0,43	0,15	0,10	0,07	0,987	40,0
	30	0,33	1,18	0,47	0,43	0,15	0,09	0,07	0,986	
	50	0,13	1,13	0,58	0,40	0,17	0,10	0,08	0,989	
3	10	0,98	1,17	0,28	0,35	0,15	0,10	0,06	0,794	39,4
	30	0,45	1,02	0,52	0,45	0,13	0,09	0,06	0,988	
	50	0,13	1,16	0,49	0,33	0,15	0,08	0,06	0,987	
4	10	0,90	1,09	0,35	0,38	0,18	0,13	0,10	0,899	40,6
	30	0,45	1,15	0,35	0,42	0,17	0,10	0,07	0,963	
	50	0,17	1,00	0,62	0,42	0,13	0,08	0,06	0,990	
5	10	0,53	1,12	0,34	0,35	0,15	0,10	0,07	0,974	45,3
	30	0,34	1,11	0,31	0,38	0,18	0,11	0,07	0,964	
	50	0,13	1,10	0,46	0,37	0,17	0,11	0,08	0,976	

Procedimento para teste nos sistemas de irrigação

Foram avaliados 24 eventos de irrigação, 13 em sistemas de irrigação por aspersão e 11 nos sistemas de irrigação microaspersão, dos lotes no Perímetro Irrigado de Ponto Novo.

Antes de cada evento de irrigação foram retiradas três amostras indeformadas de solo na profundidade média efetiva do sistema radicular da cultura para determinação gravimétrica do conteúdo de água no solo. Também foram realizados testes de uniformidade de distribuição de água nos lotes estudados, CUC para sistemas de irrigação por aspersão, e UD para sistemas de irrigação localizada, para obtenção dos valores da média das 50% menores lâminas aplicada (aspersão) e dos valores da média das 25% menores lâminas aplicada (microaspersão).

A lâmina de irrigação necessária foi calculada pela seguinte equação:

$$L_{necessária} = (\theta_{CC} - \theta_a) \cdot z_r \quad (2)$$

onde $L_{necessária}$ = lâmina necessária (mm), θ_{CC} = umidade do solo na capacidade de campo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$), θ_a = umidade do solo no momento da irrigação ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) e z_r = profundidade efetiva do sistema radicular (m).

Indicadores de desempenho

Para a avaliação do desempenho dos sistemas de irrigação, foram calculados os seguintes parâmetros:

1. Eficiência de aplicação referente à média das 50% menores lâminas (Ea_{50}) para sistemas de irrigação por aspersão.

$$Ea_{50} = 100 \cdot \left(\frac{L_{arm}}{L_{50}} \right) \quad (3)$$

onde Ea_{50} = eficiência de aplicação referente à média das 50% menores lâminas (%), L_{arm} = lâmina de irrigação média armazenada na zona radicular contribuindo para suprir o déficit hídrico do solo (mm) e L_{50} = média das 50% menores lâminas aplicada (mm).

2. Eficiência de aplicação referente à média das 25% menores lâminas (Ea_{25}) para sistemas de irrigação localizada,

$$Ea_{25} = 100 \cdot \left(\frac{L_{arm}}{L_{25}} \right) \quad (4)$$

onde Ea_{25} = eficiência de aplicação referente à média das 25% menores lâminas (%), L_{arm} = lâmina de irrigação média armazenada na zona radicular contribuindo para suprir o déficit hídrico do solo (mm) e L_{25} = média das 25% menores lâminas aplicada (mm).

3. Adequabilidade da irrigação com base no menor quartil (Burt et al., 1997):

$$Ad_{25} = \left(\frac{L_{25}}{L_{arm}} \right) \quad (5)$$

onde Ad_{25} = Adequabilidade da irrigação, L_{25} = média das 25% menores lâminas aplicada (mm) e L_{arm} = lâmina de irrigação média armazenada na zona radicular contribuindo para suprir o déficit hídrico do solo (mm).

Segundo este indicador de performance, caracteriza-se um evento de irrigação segundo os casos a seguir:

- Se $Ad_{25} < 1 \Rightarrow$ Irrigação deficiente
 Se $Ad_{25} = 1 \Rightarrow$ Irrigação adequada
 Se $Ad_{25} > 1 \Rightarrow$ Irrigação com excesso

Experimento 2

O trabalho foi desenvolvido num lote irrigado por microaspersão, em um Podzólico Amarelo latossólico álico profundo a muito profundo textura média fase bem drenado relevo plano a suave ondulado. A cultivar de bananeira utilizada no lote é a Pacovan, com idade de dois anos, espaçadas de 3 m x 3 m, num total de 540 plantas numa área experimental de 4860 m² (90 m x 54 m).

Os emissores Plastro Rondo, segundo o catálogo do fabricante, trabalham com a vazão de 150 Lh⁻¹ sob pressão de serviço de 25 mca e raio efetivo de 4,6 m. O espaçamento entre os microaspersores é de seis metros, dispostos um para quatro plantas, com um total de 135 emissores.

Tabela 3. Parâmetros da equação de van Genuchten (1980), valores ajustados de umidade da curvas de retenção de água no solo, coeficiente de determinação e disponibilidade total de água no solo (DTA).

Profundidade (cm)	α	n	m	θ_s	θ_{10}	θ_{1500}	θ_r	r^2	DTA ₆₀ (mm)
					(CC)	(PMP)			
10	0,53	1,12	0,34	0,35	0,15	0,10	0,07	0,974	
30	0,34	1,11	0,31	0,38	0,18	0,11	0,07	0,964	45,3
50	0,13	1,10	0,46	0,37	0,17	0,11	0,08	0,976	

Foi instalado um hidrômetro digital na entrada área experimental, onde fez-se a leitura do volume de água aplicada em cada evento de irrigação.

Antes de cada evento de irrigação foram retiradas nove amostras de solo na profundidade média efetiva do sistema radicular da cultura para determinação gravimétrica do conteúdo de água no solo.

Os dados meteorológicos foram obtidos utilizando uma estação climatológica automática, instalada na sede do Perímetro Irrigado de Ponto Novo.

A eficiência de aplicação foi calculada pela seguinte equação:

$$EA = 100 \cdot \left(\frac{L_{arm}}{L_{ap}} \right) \quad (6)$$

onde EA = eficiência de aplicação (%), L_{arm} = lâmina de irrigação média armazenada na zona radicular contribuindo para suprir o déficit hídrico do solo (mm) e L_{ap} = lâmina de irrigação aplicada (mm).

Para determinação da eficiência de aplicação (EA), considerou-se a lâmina de irrigação aplicada com base na leitura do hidrômetro (lâmina aplicada medida) e lâmina de irrigação aplicada com base na vazão média do microaspersor e duração da irrigação (lâmina aplicada estimada).

Enquanto os demais procedimentos foram semelhantes aos da primeira modalidade de avaliação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento 1

Quando a lâmina média aplicada é maior que a necessária, há uma aplicação de água em excesso e, conseqüentemente, perda por percolação. Caso contrário, ou seja, se a lâmina necessária é maior que a lâmina média aplicada

tem-se um déficit atual de água no solo após a irrigação. Quando a lâmina média aplicada é igual a lâmina necessária não haverá perda por percolação e nem ocorrência de déficit atual de água no solo.

Observa-se na Figura 1 que das 11 avaliações realizadas em microaspersão, em sete (63,6%) a lâmina aplicada foi menor que a necessária, caracterizando irrigações deficitárias, enquanto que em quatro avaliações (36,4%) houve aplicação de água em excesso, caracterizando perdas por percolação, em média de 5,5 mm. O déficit médio de irrigação foi 5,8 mm, com um valor máximo de 10,4 mm.

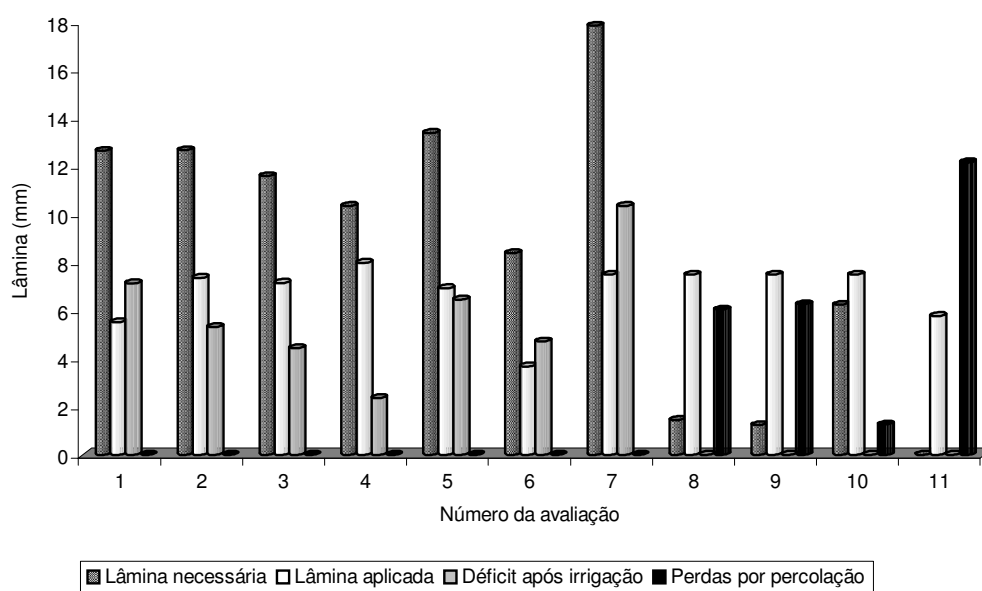


Figura 1. Lâminas necessária e aplicada, perda por percolação e déficit atual de água no solo em sistemas de irrigação localizada, no Perímetro Irrigado de Ponto Novo.

Na Figura 2 evidencia-se que, em todas as avaliações efetuadas nos sistemas de irrigação por aspersão, aplicou-se água em excesso, com valor médio de lâmina excedente de 20 mm.

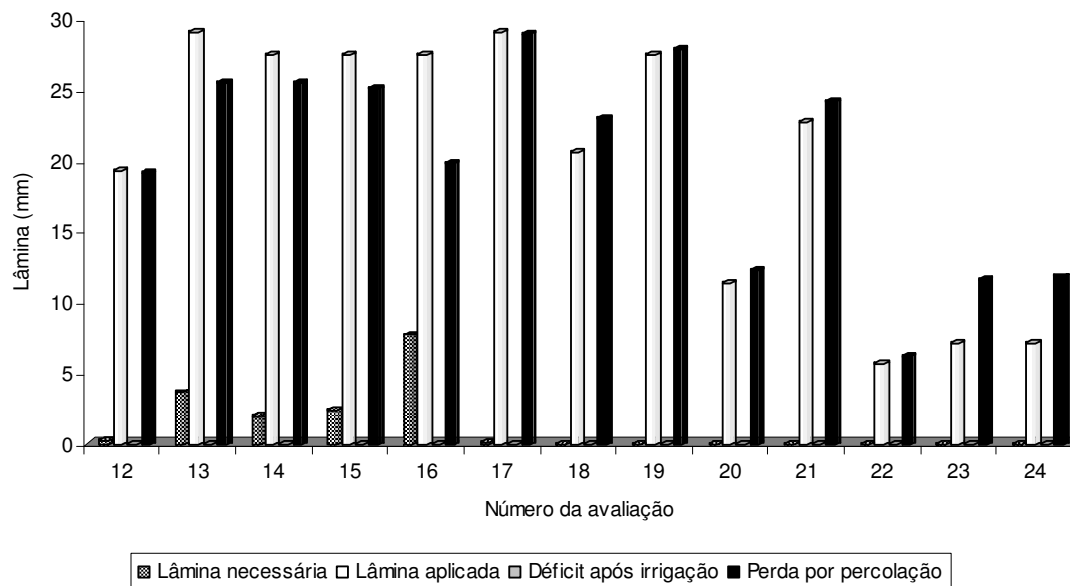


Figura 2. Lâminas necessária e aplicada, perda por percolação e déficit atual de água no solo na irrigação por aspersão.

As lâminas aplicadas em excesso no sistema de irrigação localizada variaram de 1,3 mm a 12,7 mm, já as aplicações excessivas nos sistemas de irrigação por aspersão variaram de 6,1 mm a 28,9 mm. A ocorrência de lâminas em excesso deve-se, principalmente, a inexistência de um manejo adequado, tendo em vista que o manejo da irrigação é baseado na experiência do produtor, muitos deles foram reassentados no perímetro irrigado e praticavam agricultura de sequeiro.

O manejo da irrigação permite identificar, com base em critérios técnicos, o momento de início das irrigações, bem como definir a quantidade de água adequada para atender as necessidades hídricas da cultura, maximizando a eficiência de uso de água e mantendo favoráveis as condições de umidade do solo.

Os resultados de eficiência de aplicação referentes às 25% menores lâminas (Ea_{25}) e de adequabilidade (Ad_{25}) obtidos nos sistemas de irrigação localizada avaliados são apresentados na tabela 4. Os valores de Ea_{25} variaram de 0 a 100%, com média de 74,9%, a qual está abaixo do valor considerado excelente para irrigação localizada (85%). Este valor indica que a cada 100 litros utilizados para a irrigação 74,9 litros são efetivamente utilizados pela cultura, sendo o restante perdido por vazamentos, evaporação e percolação.

Em sete sistemas (63,6%) verificaram-se índices de adequabilidade inferior à unidade, mostrando que a lâmina aplicada foi menor que a necessária, caracterizando irrigações deficitárias.

Tabela 4. Valores de eficiência de aplicação, referentes às 25% menores lâminas (Ea_{25}), adequabilidade (Ad_{25}), obtidos nos sistemas de irrigação localizada avaliados.

Número da avaliação	Ea_{25} (%)	Ad_{25}
1	100	0,44
2	100	0,58
3	100	0,62
4	100	0,77
5	100	0,52
6	100	0,44
7	100	0,42
8	10,3	5,17
9	18,7	6,08
10	94,6	1,20
11	0	0

Os resultados de eficiência de aplicação na irrigação por aspersão referente às 50% menores lâminas (Ea_{50}) e adequabilidade (Ad_{25}) obtidos nos sistemas de irrigação por aspersão avaliados, são apresentados na tabela 5. Os valores de Ea_{50} variaram de 0 a 56%, com média de 8,7% a qual está muito abaixo do valor considerado excelente para irrigação por aspersão (80%).

Em relação ao índice de adequabilidade para os sistemas de irrigação por aspersão pode-se inferir que em geral (100% dos casos) a média das 25% menores lâminas aplicadas foi superior à lâmina requerida, indicativo de irrigações excessivas.

Tabela 5. Valores de eficiência de aplicação, referente às 50% menores lâminas (Ea_{50}), e adequabilidade (ad_{25}), obtidos nos sistemas de irrigação por aspersão avaliados.

Número da avaliação	Ea_{50} (%)	Ad_{25}
12	2,7	82,44
13	22,6	8,10
14	14,4	13,90
15	17,4	11,50
16	56,0	3,57
17	0,6	322,70
18	0	0
19	0	0
20	0	0
21	0	0
22	0	0
23	0	0
24	0	0

Observa-se nas Tabelas 4 e 5 que, em média, a eficiência de aplicação da irrigação localizada foi superior a da irrigação por aspersão, em decorrência do manejo inadequado do sistema, onde se verificou que além de irrigar no momento errado, a duração da irrigação é longa, aplicando uma lâmina de água excessiva, além da capacidade do solo reter água.

Experimento 2

Verifica-se na Figura 3 (a), que as lâminas aplicadas em todos os eventos de irrigação estudados foram inferiores às lâminas necessárias, resultando em déficits de água no solo após a irrigação. Constatando-se que para satisfazer o déficit de água no solo seria necessário que o sistema permanecesse funcionando por um tempo maior.

Na Figura 3 (b), verifica-se que a irrigação foi insuficiente para suprir o déficit de água no solo em todos os eventos estudados, observando-se que, de modo geral, a lâmina média aplicada foi inferior a lâmina real aplicada, evidenciando que o modelo subestima a lâmina real aplicada.

Assumindo que o déficit de água no solo foi saldado na irrigação anterior ao primeiro evento estudado, com base na evapotranspiração da cultura acumulada, verifica-se que em cinco dos seis eventos estudados, a lâmina aplicada não supriu o déficit de água no solo. Em apenas um evento, onde o turno de rega foi de um dia, a lâmina aplicada superou a lâmina necessária, o excesso foi de 1,8 mm (Figura 3 (c)).

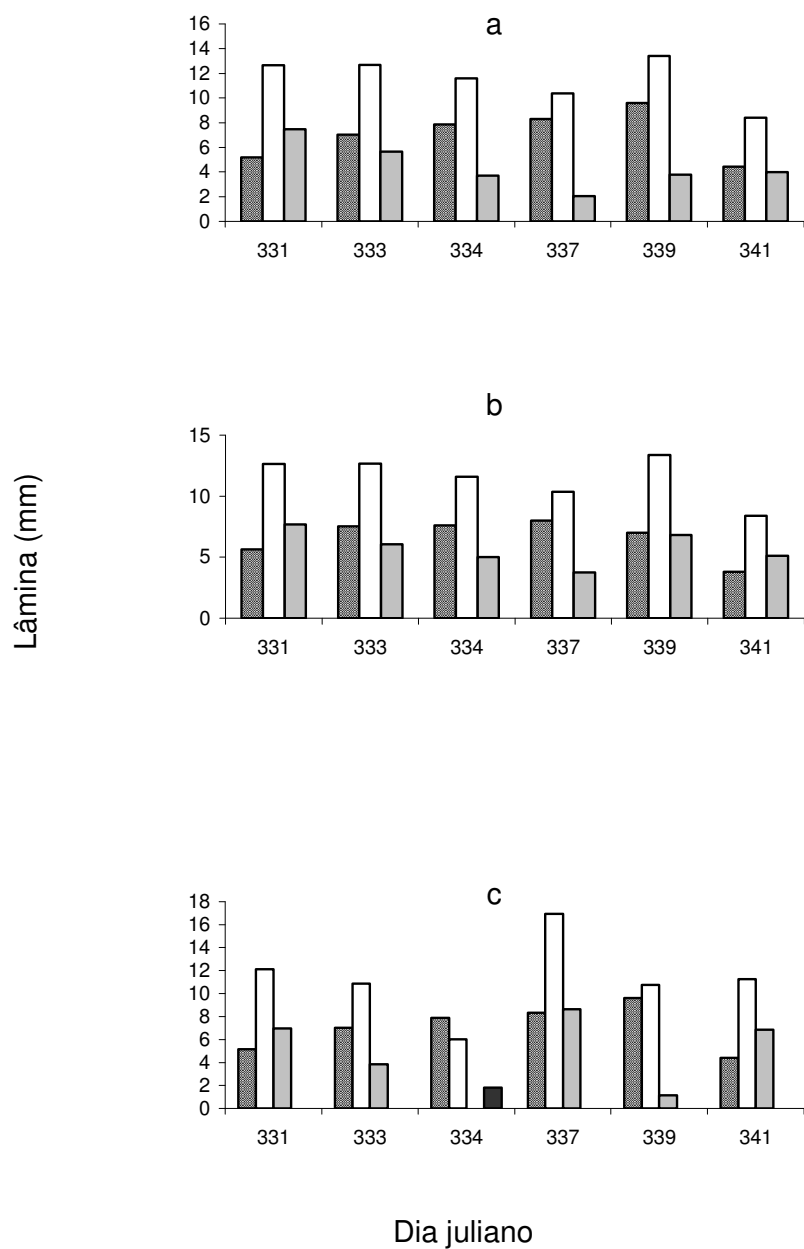


Figura 3. Balanço de lâminas de água em bananeira irrigada por microaspersão, no Perímetro Irrigado de Ponto Novo. (a) lâmina aplicada medida no hidrômetro, (b) lâmina aplicada com base na vazão do emissor e tempo de irrigação, (c) lâmina necessária com base na evapotranspiração acumulada.

A Figura 4 apresenta a relação entre os valores medidos e estimados de lâmina aplicada nos eventos de irrigação estudados. Verificou-se em média uma ligeira subestimativa dos valores de lâmina de água aplicada. Está subestimativa pode está relacionada a duas causas: a) devido a uniformidade de aplicação de água no sistema; e b) devido a grande flexibilidade operacional dos lotes no perímetro irrigado, o que o que influencia na pressão de serviço e vazão dos emissores durante a irrigação.

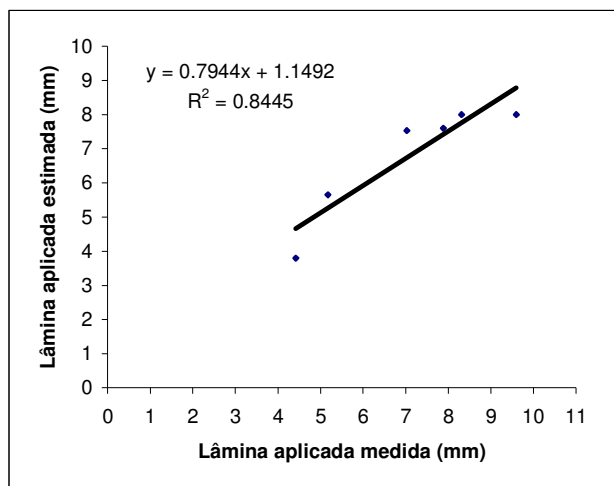


FIGURA 4. Relação entre a lâmina média aplicada estimada e a medida nos eventos de irrigação estudados.

Os valores de déficits de água no solo foram em geral ligeiramente maiores que os valores de ET_c . Também observa-se que tantos valores de déficit de água no solo quanto os de ET_c estão dentro da faixa recomendada, ou seja, entre a capacidade de campo e a umidade mínima de segurança conforme recomendada, considerando o fator de disponibilidade de água de 0,35 (Tabela 5).

TABELA 5. Déficit atual de água no solo (DAAS) e evapotranspiração acumulada da cultura ($ET_{c_{ac}}$) no período estudado.

Data da irrigação (dia juliano)	DAAS (mm)	$ET_{c_{ac}}$ (mm)	Diferença (mm)
331	12.7	12.1	0.5
333	12.7	10.9	1.8
334	11.6	6.0	5.6
337	10.4	17.0	-6.6
339	13.4	10.7	2.6
341	8.4	11.3	-2.9
Total	69.1	68.0	1.1

A Tabela 7 apresenta os resultados de eficiência de aplicação (EA) e adequabilidade (Ad_{25}) obtidos nos eventos de irrigação por microaspersão em bananeira. Verifica-se que a eficiência de aplicação foi de 100% nos eventos de irrigação avaliados, com base na lâmina aplicada e lâmina média.

Na simulação com base na evapotranspiração acumulada em apenas um evento, quando o turno de rega foi de um dia, a EA não foi de 100%, foi de 76,5.

A adequabilidade variou de 0,4 a 0,8, com valor médio de 0,6. significando que em todos os eventos de irrigação a lâmina aplicada foi inferior a lâmina requerida, irrigação insuficiente.

Tabela 7. Eficiência de aplicação (EA) e adequabilidade (Ad_{25}) obtidos nos eventos de irrigação por microaspersão em bananeira, com base no volume total de água aplicada registrado no hidrômetro, com base na evapotranspiração da cultura acumulada e com base nos 25% menores valores de lâmina aplicada.

Data da irrigação (Dia juliano)	Lâmina aplicada		Lâmina evapotranspirada		Lâmina média aplicada	
	EA (%)	Ad_{25}	EA (%)	Ad_{25}	EA (%)	Ad_{25}
331	100	0.4	100	0.4	100	0.4
333	100	0.6	100	0.6	100	0.5
334	100	0.7	76.5	1.3	100	0.6
337	100	0.8	100	0.5	100	0.6
339	100	0.7	100	0.9	100	0.5
341	100	0.5	100	0.4	100	0.4

CONCLUSÕES

Em sete (63,6%) avaliações nos sistemas de irrigação localizada, a lâmina aplicada foi menor que a necessária, caracterizando irrigações deficitárias, em quatro avaliações (36,4%) houve aplicação de água em excesso, caracterizando perdas por percolação. A eficiência de aplicação de água variou de 0 a 100%, com média de 74,9%, a qual está abaixo do valor considerado excelente para irrigação localizada (85%).

Em todas as avaliações efetuadas nos sistemas de irrigação por aspersão, aplicou-se água em excesso, com valor médio de lâmina excedente de 20 mm. A eficiência de aplicação de água variou de 0 a 56%, com média de 8,7% a qual está muito abaixo do valor considerado excelente para irrigação por aspersão (80%).

A eficiência de aplicação de água no estudo em bananeira irrigada por microaspersão foi de 100%, no entanto, a adequabilidade variou de 0,4 a 0,8 significando que em todos os eventos de irrigação a lâmina aplicada foi inferior a lâmina requerida, irrigação insuficiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa - MG: UFV, 1996. 596 p.

BRALTS, V. F. Field performance and evaluation. In NAKAYAMA, F. S. e BUCKS, D. A. **Trickle irrigation for crop production: design, operation and management**. Amsterdam: Elsevier, 1986. 383 p. (Developments in Agricultural Engineering, 9) p. 216-240.

BURT, C.M. et al. Irrigation performance measures: efficiency and uniformity. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 123, n. 6, p. 432-442, nov./dec. 1997.

FERREIRA, E.J. **Análise técnica e econômica do projeto de irrigação do Jaíba, MG**. 1993. 159f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

FRIZZONE, J.A. **Irrigação por aspersão: uniformidade e eficiência**. Piracicaba : ESALQ: Departamento de Engenharia Rural, 1992. 53p. (Série didática, 03).

FRIZZONE, J.A. **Programação matemática aplicada a projetos hidroagrícolas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1995. 29p.

GOMIDE, R.L. Monitoramento para manejo da irrigação: instrumentação, automação e métodos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. cap.2, p.133-238.

GOMIDE, R. L. Monitoramento automático de fluxo de seiva com sondas de balanço de energia e caracterização de estresse hídrico de duas linhagens de milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002. 1 CD-ROM.

KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 652p.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. **O uso da irrigação no Brasil: o estado das águas no Brasil**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 1999. Disponível em: <<http://www.iica.org.uy>>. Acesso em: 18 maio 2006.

LORITE, I.J.; MATEOS, L.; FERERES, E. Evaluating irrigation performance in a Mediterranean environment: I. model and general assessment of an irrigation scheme. **Irrigation Science**, v. 23, p. 77-84, 2004.

SANTIAGO, F. S.; MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Avaliação de parâmetros hidráulicos e manejo da irrigação por microaspersão em área de assentamento. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.632-643, set./dez. 2004.

SOARES, A. A. et al. Manejo de irrigação utilizando o SISDA (Sistema de Suporte à Decisão Agrícola): na região de Araçuaí, Vale do Jequitinhonha. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.450-459, set./dez. 2003

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos sobre a qualidade da irrigação visam avaliar o desempenho dos sistemas, permitindo recomendar melhorias na eficiência da irrigação. Os resultados apresentados neste trabalho, embora sejam de caráter geral mostraram a realidade da irrigação que está sendo praticada no Perímetro Irrigado de Ponto Novo. Considerando que os irrigantes que foram reassentados no perímetro praticavam agricultura de sequeiro, e não tinham experiência em agricultura irrigada, e que esta mudança se deu por um período relativamente curto, não possibilitando a adoção e aprendizado das técnicas adequadas de manejo de irrigação, e que a irrigação ineficiente e inadequada resulta em desperdício de água e energia, recursos finitos que estão cada dia mais escassos. Julga-se fundamental desenvolver ações para aumentar a eficiência do uso da água no Perímetro Irrigado de Ponto. Recomenda-se regular a pressão de operação na entrada do lote, melhorar a regulagem da altura do aspersor ou quando não for possível, a substituição da cultura irrigada por outra de menor porte ou a substituição da aspersão convencional por irrigação localizada. Por fim, adotar um critério para monitoramento da água no solo, permitindo estabelecer o momento das irrigações e a quantidade de água aplicada, visando a programações de irrigações conforme as reais necessidades de água da cultura, impostas por condições variáveis do sistema solo-água-planta-clima.